

# Étude des déformations myocardiques

## Quel intérêt chez le sportif ?

L'échocardiographie du sportif reste dans la majorité des cas normale, mais il n'est pas rare de constater chez certains athlètes une dilatation cavitaire généralement harmonieuse touchant les quatre cavités. De la même façon, il est possible de retrouver au repos chez nos sportifs des fonctions systoliques gauche ou droite modérément et globalement hypokinétiques. Ces derniers temps, la littérature s'est enrichie sur l'utilisation de nouvelles techniques, comme l'analyse des déformations, pour différencier le cœur adaptatif de l'athlète de certaines cardiopathies. Dans un premier temps, les différentes études s'intéressant à ce sujet ont regardé le cœur d'athlète au repos, mais s'y intéressent de plus en plus à l'effort. Outre l'intérêt clinique, elles ont permis de mieux comprendre le fonctionnement physiologique du cœur d'athlète.

Dr Stéphane Cade\*

**P**eut-on toujours parler de nouvelle technique lorsque nous parlons d'analyse des déformations en échographie ? Rien n'est moins sûr, car cette technique censée approcher au plus près la contractilité myocardique par la mesure de sa déformation s'est sensiblement démocratisée. Elle devient accessible à de nombreux praticiens, avec une facilité d'utilisation et une fiabilité qui s'améliorent sans cesse, permettant maintenant de l'utiliser en routine dans notre pratique clinique. Son caractère "angle indépendant" et sa bonne reproductibilité permettent d'apporter des informations sur la contractilité systolique myocardique, additionnelles à la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG). Nous parlerons donc indifféremment de "déformations myocardiques" ou de *speckle tracking imaging* (STI) ou de 2D strain, sachant que le strain longitudinal est la composante de déformation la plus utilisée en pratique clinique, les strains radial, transverse et circonférentiel restant d'utilisa-

tion plus confidentielle, alors que la torsion reste encore réservée au domaine de la recherche.

Faut-il pour autant l'utiliser systématiquement chez le sportif et devons-nous l'intégrer dans notre compte rendu du cœur d'athlète ? Telles sont les questions auxquelles nous allons tenter de répondre.

### CŒUR D'ATHLÈTE OU CŒUR PATHOLOGIQUE ?

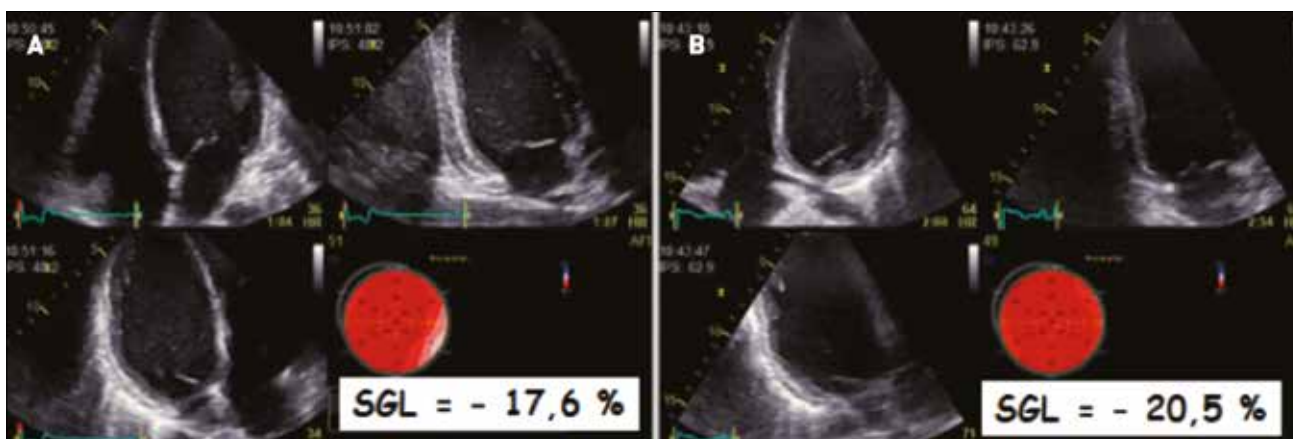
Face à un sportif, la problématique essentielle qui peut se poser est celle du diagnostic différentiel entre cœur de sportif et cœur pathologique. Nous devrions plutôt parler de cœur d'athlète, car pour entraîner des modifications physiologiques adaptatives significatives, il faut une activité physique suffisante à la fois en termes d'intensité, mais aussi de durée d'entraînement. Trois pathologies sont parfois évoquées à la frontière du cœur d'athlète adaptatif : la cardiomyopathie hypertrophique (CMH), la cardiomyopathie dilatée (CMD) et la dysplasie arythmogène ventriculaire droite (DAVD). Ces questions se posent lorsque nous

rencontrons des épaisseurs de parois limites, des tailles et des fonctions ventriculaires gauche ou droite subnormales habituelles chez nos athlètes. Que nous apporte alors le strain dans ces situations ?

### SPORT, VENTRICULE GAUCHE ET STRAIN (Fig. 1)

En complément du Doppler tissulaire (DTI), l'étude des déformations est très informative sur la physiologie myocardique avec une littérature riche depuis 10 ans. C'est dans la cardiopathie hypertrophique que l'analyse des déformations a apporté ces dernières années le plus de renseignements. Un des premiers travaux à s'être intéressé à ce sujet a été effectué par une équipe bordelaise (2007) qui a comparé des footballeurs professionnels et des patients atteints de CMH à des sujets contrôles dans toutes les composantes de déformations (longitudinale, circonférentielle, transverse et radiale) (1). Il était d'emblée intéressant de constater chez l'athlète (SHN) une diminution du strain global longitudinal (SGL) dans des

\*Cardiologue du sport, Fédération hospitalière de médecine et chirurgie du sport CHRU de Montpellier



>>> Figure 1 - A. Exemple de strain global longitudinal VG, en coupe apicale 4, 2 et 3 au repos chez un triathlète de haut niveau. B. Même sportif à l'effort sous-maximal.

proportions identiques aux CMH (-16,9 % versus -16,3 %), diminution paraissant compensée par une augmentation des trois autres composantes qui étaient identiques ou plus souvent supérieures aux contrôles et surtout au groupe CMH. Dans ce travail de Richant, il était noté un gradient base-apex nettement moins marqué chez le SHN que dans la CMH avec une répartition segmentaire également différente. Butz a confirmé l'intérêt du *speckle tracking* couplé au DTI dans cette même différenciation du cœur d'athlète et de la CMH (2), et Saghir et al. l'ont fait pour la cardiopathie hypertensive (3).

D'autres travaux ont ensuite retrouvé des résultats similaires sur de plus larges populations comme D'Andrea et al. (4), où le strain global longitudinal était à seulement  $-17,5 \pm 3,5$  % chez 650 athlètes de haut niveau. Ce travail avait aussi l'avantage de comparer athlètes endurants et résistants. Si la différence n'était pas significative, D'Andrea retrouvait une tendance à une diminution du SGL chez l'endurant (-17,2 % versus -18,6 %).

**« IL SEMBLE EXISTER POUR L'ATHLÈTE DE HAUT NIVEAU UNE VALEUR BASSE CUT-OFF SITUÉE À -16 % POUR LE STRAIN GLOBAL LONGITUDINAL »**

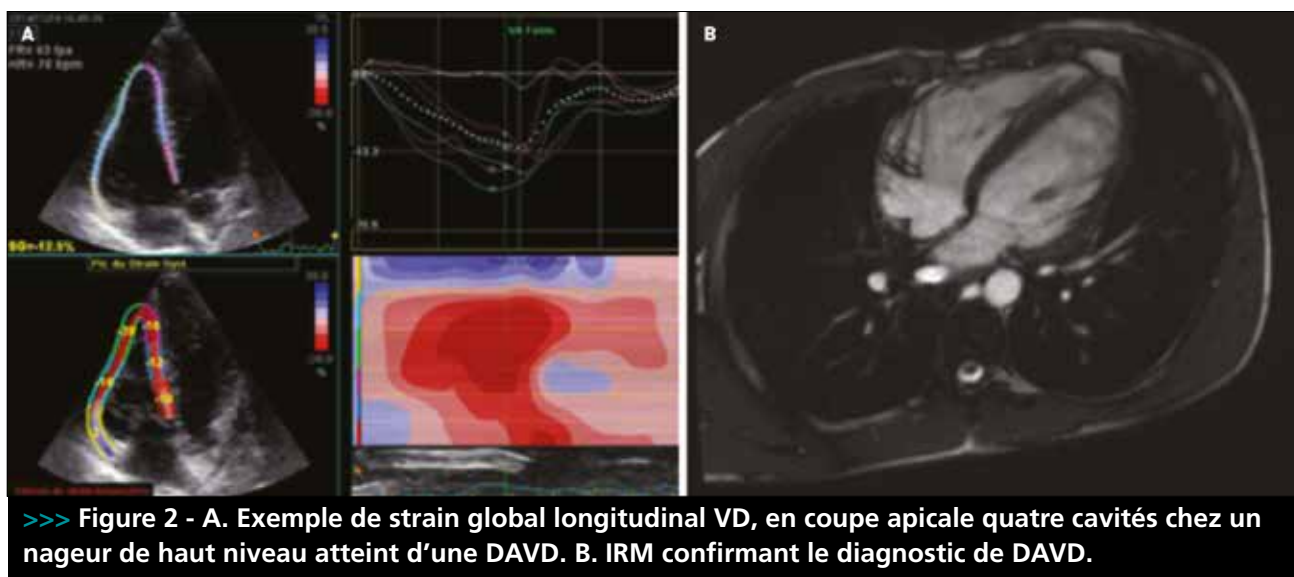
Enfin, il semble exister une valeur basse *cut-off* située à -16 % puisque la grande majorité des athlètes sont au-delà de cette valeur (5). Attention, sur des études plus récentes, cette diminution de strain longitudinal n'est pas toujours observée et nombre d'équipes retrouvent des valeurs plutôt normales de déformation chez le sportif aux environs de -21 et -22 % (6, 7) comparative-ment à des valeurs de -19 à -21 % chez des sujets sains normaux.

été décrit chez l'athlète, les déformations seraient plutôt augmentées chez les marathonien (SGL à -23 %), et surtout chez la femme avec des pics de strain à -23,3 % contre -22,1 % chez l'homme (8). Cela est également vrai chez les sportifs vétérans par rapport à des sujets sains sédentaires appariés avec une amélioration des paramètres globaux du VG, dont les déformations (9). Ceci n'apparaît finalement pas

Fait notable, les différents travaux dont nous avons parlé s'intéressaient à des athlètes de haut niveau. Qu'en est-il des sportifs amateurs ? Contrairement à ce qui a

surprenant, car il n'est pas rare de constater chez les athlètes de haut niveau des fractions d'éjection VG subnormales au repos, comme cela était le cas chez près de la moitié des sportifs dans le travail d'Abernethy datant déjà de 2003 (10). En effet, le cœur d'athlète est adapté pour l'effort. Au repos, son activité même "subnormale" est souvent suffisante pour assurer les besoins de l'organisme malgré des fractions d'éjection et des déformations limites inférieures.

Nous voyons donc qu'en fonction des populations étudiées, sportifs élites, amateurs, vétérans entraînés, les valeurs diffèrent et que tous ces travaux se sont intéressés à des VG dans des conditions de repos. Qu'en est-il à l'effort ? Y a-t-il un intérêt à étudier les déformations à l'exercice ? Probablement que oui chez ces sportifs dont le VG est globalement hypokinétique, pour lesquels il semble intéressant d'étudier par les déformations myocardiques la réponse contractile du VG à l'effort. L'échographie d'effort apparaît alors comme l'examen le plus approprié pour étudier la fonction VG parallèlement aux déformations myocardiques. Dans un travail de Vitarelli sur la fonction VG à l'effort chez l'athlète, les valeurs de déformations variaient proportionnellement, quel



>>> Figure 2 - A. Exemple de strain global longitudinal VD, en coupe apicale quatre cavités chez un nageur de haut niveau atteint d'une DAVD. B. IRM confirmant le diagnostic de DAVD.

que soit le type d'athlète (endurant, résistant ou mixte) comparative- ment aux sujets contrôles passant de -21 ; -22 % à -25 ; -26 % (11). Donal et al. retrouvaient également une amélioration des déformations à l'effort, mais avec une réponse différente entre jeunes athlètes et athlètes seniors. Chez le jeune athlète, les valeurs de strain étaient plus basses au repos et se normalisaient lors d'un effort sous-maximal passant de -17 à -22,1 % (12), le tout en faveur d'une réserve contractile chez l'athlète.

Enfin, sans rentrer dans les détails, certaines équipes, dont celle de Nottin d'Avignon (13), sont allées encore plus loin dans la compréhension du fonctionnement du cœur d'athlète en utilisant les déformations pour explorer la fatigue myocardique du VG. Après une course longue distance (triathlon), ils ont retrouvé une diminution significative du strain à la fois longitudinal (-19,1 versus -16,6 %), mais aussi radial et circonférentiel à tous les niveaux, basal et apical. Nous n'aborderons pas ici l'étude

**« LES VALEURS DE DÉFORMATIONS DES SEGMENTS BASAUX DU VD SONT DIMINUÉES D'AUTANT PLUS QUE LE VD EST DILATÉ »**

parallèle de la torsion VG, qui serait abaissée au repos chez l'athlète avec une réserve de torsion à l'effort et une diminution de celle-ci après un effort de longue distance, comportement similaire aux déformations dont la torsion découle. Tous ces résultats suggèrent une adaptation du VG chez l'athlète au repos et à l'effort représentant un excellent modèle de variation des déformations en fonction des conditions de charge.

À noter de façon un peu anecdotique que le 2D strain longitudinal permettrait aussi de suggérer la prise d'anabolisants, comme évoqué dans le travail de D'Andrea (14) qui retrouve une diminution du strain longitudinal chez les bodybuilders (bb), utilisateurs de ces substances (strain contrôle à -19 %, bb anabo+ à -15 %, bb anabo- à -20 %).

**SPORT, VENTRICULE DROIT ET STRAIN (Fig. 2)**

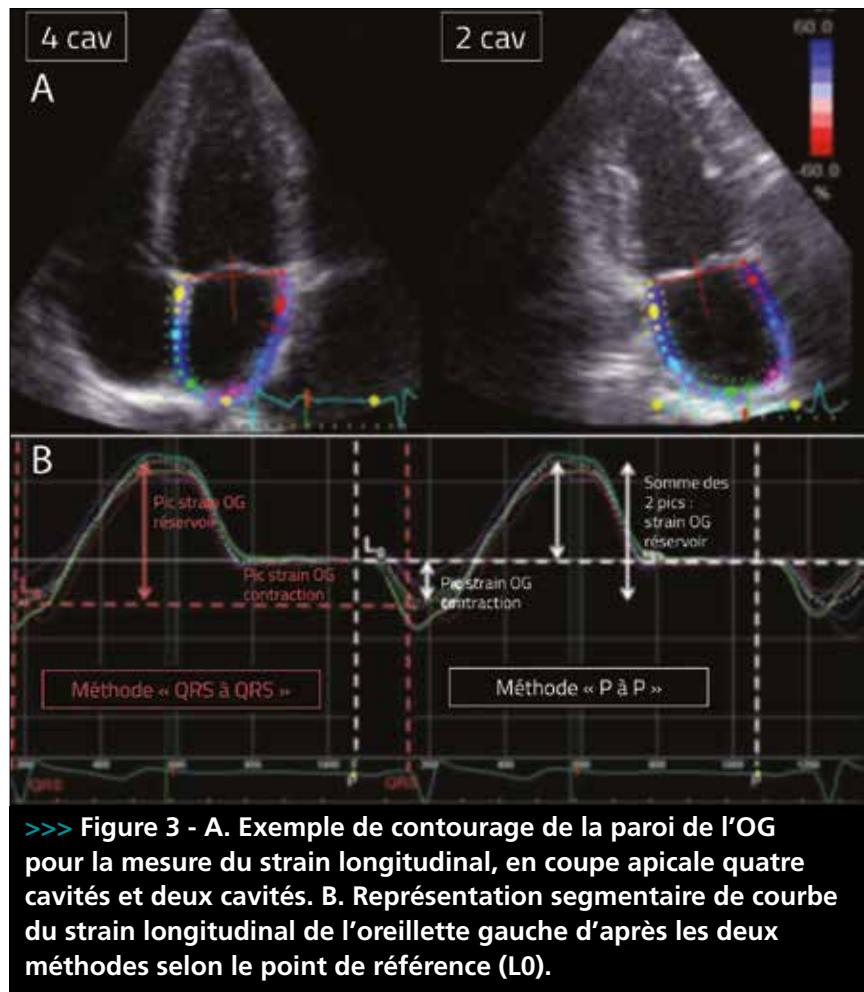
À droite, nous voyons régulièrement, plus souvent chez les athlètes endu-

rants (cyclistes, triathlètes, ultra-trai- lers...), des dilatations cavitaires qui posent problème avec une fonction VD pas toujours facile à apprécier, dont il est maintenant recommandé d'en avoir une approche multipara- métrique. Dès lors, il apparaît logique d'utiliser le *speckle tracking* pour éva- luer le VD chez le sportif. Le principal objectif est d'éliminer une pathologie de type dysplasie du VD, surtout de- vant un VD dilaté, encore plus quand celui-ci apparaît hypokinétique. Il faut savoir que les déformations du VD chez le sportif ont quelques parti- cularités. Les valeurs de déformations des segments basaux sont diminuées d'autant plus que le VD est dilaté (15). La Gerche a retrouvé les mêmes résul- tats à l'état basal, mais a constaté à l'effort, comme pour le VG, une nor- malisation des déformations toujours en faveur d'une réserve contractile (16). Il y aurait donc un intérêt à uti- liser cette technique chez un sportif avec dilatation droite et VD hypokiné- tique pour différencier cœur d'athlète et DAVD dans laquelle la réponse à l'effort est anormale. En cas de doute, il ne faut pas hésiter à se tourner vers l'imagerie de coupe par IRM, exa- men complémentaire de plus en plus incontournable dans le diagnostic de DAVD.

Lors de courses de longue distance, il a été retrouvé une diminution des paramètres de déformations VD, concomitante d'une dilatation du VD et d'un abaissement des fractions d'éjections (17). Cette atteinte était d'autant plus marquée que l'effort était prolongé (marathon, triathlon longue distance, ultra-triathlon). Ces éléments sont en faveur d'une fatigue myocardique du VD, toutefois réversible après quelques jours de récupération. On peut légitimement se poser la question du retentissement droit d'efforts prolongés, successifs entraînant à terme un remodelage VD qui pourrait alors mimer une DAVD faisant même, pour ces auteurs, parler de véritable dysplasie ventriculaire droite induite par l'exercice. Ces cas restent rares et les travaux de d'Ascenzi sur ce point sont plutôt rassurants, puisqu'il n'a pas retrouvé de diminution des paramètres de fonction systolique VD, dont les déformations chez le sportif au cours de la saison, même s'il ne s'agissait que de volleyeurs et basketteurs (18) et non de sportifs endurants.

### SPORT, OREILLETTE ET STRAIN (Fig. 3)

À ce jour, l'analyse de la fonction de l'oreillette gauche (OG) par la méthode du strain apparaît accessible, même si cela reste encore du domaine de la recherche. D'Ascenzi et al., dans une étude conduite chez des joueurs de football professionnels, montraient que les athlètes avaient une fonction réservoir conservée et une diminution de la fonction atriale active (onde P sur l'ECG), attestée par une diminution du pic de strain contraction, comparativement à un groupe contrôle (19). Les pressions de remplissage étant normales, le remodelage morphologique de l'OG serait donc davantage secondaire à une augmentation des volumes plus que des pressions. La contribution



>>> Figure 3 - A. Exemple de contourage de la paroi de l'OG pour la mesure du strain longitudinal, en coupe apicale quatre cavités et deux cavités. B. Représentation segmentaire de courbe du strain longitudinal de l'oreillette gauche d'après les deux méthodes selon le point de référence (L0).

de la systole atriale serait moindre dans le remplissage du VG, qui est essentiellement assuré en proto-diastole lors de la phase conduit grâce à une meilleure relaxation et compliance du VG bien connue chez l'athlète. Évaluer la fonction de l'OG chez le sportif par le strain peut également apporter un intérêt en cas de doute diagnostique avec une CMH. En effet, cette cardiopathie est associée à une dysfonction diastolique et les pics de strain de l'OG qui sont diminués comparativement au cœur d'athlète (20).

### CONCLUSION

Les différentes déformations myocardiques (longitudinales, radiales et circonférentielles) sont le plus souvent normales chez l'athlète.

Cette technique d'étude est applicable chez tous les sportifs, avec une bonne reproductibilité et une facilité de réalisation. Les valeurs peuvent être diminuées chez certains, notamment les athlètes endurants de haut niveau, mais sans descendre en dessous de -16 %. Il existe une réserve contractile avec une augmentation des valeurs de strain mise en évidence à l'effort qui pourrait être plus importante chez le sportif. Il faut toutefois rester prudent dans l'utilisation de cette technique qui ne doit pas faire négliger les autres paramètres classiques, tels que la fonction systolique avec calcul de la FEVG et les mesures des volumes, des diamètres et des épaisseurs, et l'utilisation du strain n'est pas recommandée en pratique courante dans le dernier consensus

d'exploration chez l'athlète (21). En revanche, en cas de doutes avec une CMH, une CMD ou une DAVD, cette technique trouve alors tout son in-

térêt dans le diagnostic différentiel et doit être utilisée largement en complément des autres techniques d'imagerie.



#### MOTS-CLÉS

**Échocardiographie, Cœur d'athlète, Déformation**

#### BIBLIOGRAPHIE

1. Richand V, Lafitte S, Reant P *et al.* An ultrasound speckle tracking (two-dimensional strain) analysis of myocardial deformation in professional soccer players compared with healthy subjects and hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2007 ; 100 : 128-32.
2. Butz T, van Buuren F, Mellwig KP *et al.* Two-dimensional strain analysis of the global and regional myocardial function for the differentiation of pathologic and physiologic left ventricular hypertrophy: a study in athletes and in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Int J Cardiovasc Imaging* 2011 ; 27 : 91-100.
3. Saghir M, Areces M, Makan M. Strain rate imaging differentiates hypertensive cardiac hypertrophy from physiologic cardiac hypertrophy (athlete's heart). *J Am Soc Echocardiogr* 2007 ; 20 : 151-7.
4. D'Andrea A, Riegler L, Golia E *et al.* Range of right heart measurements in top-level athletes: the training impact. *Int J Cardiol* 2013 ; 164 : 48-57.
5. D'Andrea A, Caso P, Bossone E *et al.* Right ventricular myocardial involvement in either physiological or pathological left ventricular hypertrophy: an ultrasound speckle-tracking two-dimensional strain analysis. *Eur J Echocardiogr* 2010 ; 11 : 492-500.
6. Galderisi M, Lomoriello VS, Santoro A *et al.* Differences of myocardial systolic deformation and correlates of diastolic function in competitive rowers and young hypertensives: a speckle-tracking echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr* 2010 ; 23 : 1190-8.
7. Simsek Z, Hakan Tas M, Degirmenci H *et al.* Speckle tracking echocardiographic analysis of left ventricular systolic and diastolic functions of young elite athletes with eccentric and concentric type of cardiac remodeling. *Echocardiography* 2013 ; 30 : 1202-8.
8. Schattke S, Xing Y, Lock J *et al.* Increased longitudinal contractility and diastolic function at rest in well-trained amateur Marathon runners: a speckle tracking echocardiography study. *Cardiovasc Ultrasound* 2014 ; 12 : 11.
9. Schmidt JF, Andersen TR, Andersen LJ *et al.* Cardiovascular function is better in veteran football players than age-matched untrained elderly healthy men. *Scand J Med Sci Sports* 2015 ; 25 : 61-9.
10. Abernethy WB, Choo JK, Hutter AM Jr. Echocardiographic characteristics of professional football players. *J Am Coll Cardiol* 2003 ; 41 : 280-4.
11. Vitarelli A, Capotosto L, Placanica G *et al.* Comprehensive assessment of biventricular function and aortic stiffness in athletes with different forms of training by three-dimensional echocardiography and strain imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013 ; 14 : 1010-20.
12. Donal E, Rozoy T, Kervio G *et al.* Comparison of the heart function adaptation in trained and sedentary men after 50 and before 35 years of age. *Am J Cardiol* 2011 ; 108 : 1029-37.
13. Nottin S, Doucende G, Schuster I *et al.* Alteration in left ventricular strains and torsional mechanics after ultralong duration exercise in athletes. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009 ; 2 : 323-30.
14. D'Andrea A, Caso P, Salerno G *et al.* Left ventricular early myocardial dysfunction after chronic misuse of anabolic androgenic steroids: a Doppler myocardial and strain imaging analysis. *Br J Sports Med* 2007 ; 41 : 149-55.
15. Teske AJ, Prakken NH, De Boeck BW *et al.* Echocardiographic tissue deformation imaging of right ventricular systolic function in endurance athletes. *Eur Heart J* 2009 ; 30 : 969-77.
16. La Gerche A, Burns AT, D'Hooge J *et al.* Exercise strain rate imaging demonstrates normal right ventricular contractile reserve and clarifies ambiguous resting measures in endurance athletes. *J Am Soc Echocardiogr* 2012 ; 25 : 253-26
17. La Gerche A, Burns AT, Mooney *et al.* Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *Eur Heart J* 2012 ; 33 : 998-1006.
18. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Corrado D *et al.* Right ventricular remodelling induced by exercise training in competitive athletes. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015.
19. D'Ascenzi F, Cameli M, Zacà V *et al.* Supernormal Diastolic Function and Role of Left Atrial Myocardial Deformation Analysis by 2D Speckle Tracking Echocardiography in Elite Soccer Players. *Echocardiography* 2011 ; 28 : 320-6.
20. Gabrielli L, Enríquez A, Córdova S *et al.* Assessment of Left Atrial Function in Hypertrophic cardiomyopathy and Athlete's Heart: A Left Atrial Myocardial Deformation Study. *Echocardiography* 2012 ; 29 : 943-9.
21. Galderisi M, Cardim N, D'Andrea A *et al.* The multi-modality cardiac imaging approach to the Athlete's heart: an expert consensus of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015 ; 16 : 353.